



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁷ : F02K 1/82, F23R 3/00	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/28202 (43) Date de publication internationale: 18 mai 2000 (18.05.00)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/02708 (22) Date de dépôt international: 5 novembre 1999 (05.11.99) (30) Données relatives à la priorité: 98/13923 5 novembre 1998 (05.11.98) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): SOCIÉTÉ NATIONALE D'ÉTUDE ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION - S.N.E.C.M.A. [FR/FR]; 2 Boulevard du Général Martial Valin, F-75015 PARIS (FR). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): VIDAL, Jean-Pierre [FR/FR]; 17 Allée du Pas de la Tourte, F-33160 St. Aubin de Médoc (FR). LARRIEU, Jean-Michel [FR/FR]; 1 Rue Pierlot, F-33460 Macau (FR). CIAIS, Jean-Pierre [FR/FR]; Allée Montesquieu, Le Pian Médoc, F-33290 Blanquefort (FR). (74) Mandataires: JOLY, Jean-Jacques etc.; Cabinet Beau de Loménie, 158 Rue de l'Université, F-75340 Paris Cedex 07 (FR).		(81) Etats désignés: CA, CN, IL, IN, JP, KR, NO, RU, UA, US; brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>

(54) Title: HEAT EXCHANGER IN COMPOSITE MATERIAL AND METHOD FOR MAKING SAME

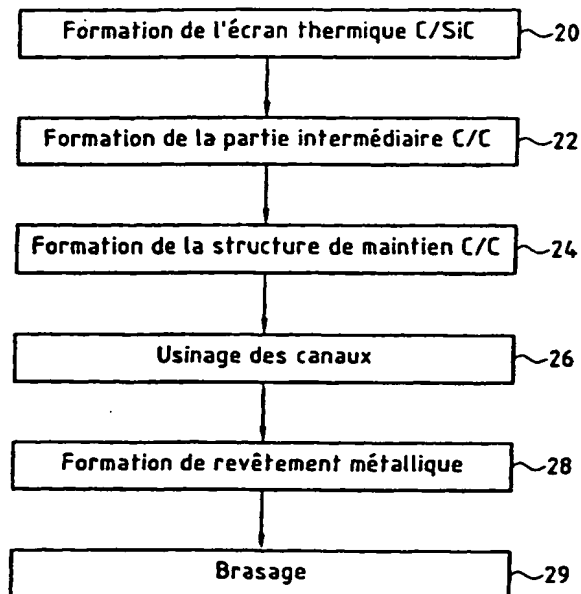
(54) Titre: ECHANGEUR DE CHALEUR EN MATERIAU COMPOSITE ET PROCEDE POUR SA FABRICATION

(57) Abstract

The invention concerns a heat exchanger comprising an intermediate part (14) made of refractory composite material, for instance of C/C composite, wherein are formed ducts for fluid (16) circulation, and which is interposed between a part made of refractory composite material, for instance with a ceramic matrix, such as a C/SiC composite, forming a thermal screen (12) and a part made of thermostructural composite material, for instance a C/C composite, forming a structure maintaining the exchanger (18), the components of the exchanger being assembled by brazing. The heat exchanger is useful as wall element exposed to an intense heat flow particularly in a nuclear fusion reactor and a ramjet combustion chamber.

(57) Abrégé

L'échangeur de chaleur comprend une partie intermédiaire (14) en matériau composite réfractaire, par exemple en composite C/C, dans laquelle sont formés des canaux de circulation de fluide (16), et qui est intercalée entre une partie en matériau composite réfractaire, par exemple à matrice céramique, tel que composite C/SiC, formant écran thermique (12) et une partie en matériau composite thermostructural, par exemple composite C/C, formant structure de maintien de l'échangeur (18), les parties constitutives de l'échangeur de chaleur étant assemblées par brasage. L'échangeur de chaleur est utilisable comme élément de paroi exposé à un flux thermique intense notamment dans un réacteur de fusion nucléaire et une chambre de combustion de statoréacteur.



20... FORMING C/SiC HEAT SCREEN
 22... FORMING INTERMEDIATE C/C PORTION
 24... FORMING MAINTAINING C/C STRUCTURE
 26... CHANNEL MACHINING
 28... FORMING METAL COATING
 29... BRAZING

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

Titre de l'invention

Echangeur de chaleur en matériau composite et procédé pour sa fabrication.

5 Domaine de l'invention

L'invention concerne les échangeurs de chaleur qui utilisent des ensembles d'échanges thermiques basés sur une circulation de fluide, et qui sont destinés à être employés dans un environnement thermiquement sévère.

- 10 Des domaines particuliers, mais non limitatifs, d'application de l'invention sont les systèmes de transformation de la matière, par exemple les réacteurs de fusion nucléaire, et les systèmes de propulsion, en particulier les éléments de paroi de chambre de combustion de réacteurs, notamment de statoréacteurs.

15

Arrière-plan de l'invention

- Les échangeurs de chaleur utilisés dans ces applications sont généralement métalliques, au moins en partie. Or, les propriétés thermiques et mécaniques des métaux et alliages métalliques limitent leur
- 20 champ d'utilisation, ainsi que les performances et la sécurité. De plus, les échangeurs de chaleur métalliques sont lourds et encombrants, ce qui pénalise leur utilisation au moins dans certaines applications.

- L'utilisation de matériaux composites réfractaires seuls ou en combinaison avec des métaux, a été envisagée pour réaliser des
- 25 échangeurs de chaleur destinés à être utilisés dans un environnement thermique sévère, notamment pour paroi de réacteur de fusion nucléaire. Ainsi, la demande de brevet WO 98/03 297 décrit la réalisation d'un tel échangeur par brasage de pièces en matériau composite carbone/carbone (C/C) sur un substrat métallique (cuivre) refroidi par
- 30 circulation de fluide. On retrouve ici l'utilisation du métal. On connaît aussi le brevet US 5 583 895 qui, pour une même application, décrit une structure d'échangeur sous forme d'un bloc de matériau composite C/C dans lequel sont formés des passages de circulation de fluide. Les parois des passages sont rendues étanches par une garniture métallique, par
- 35 exemple en cuivre, brasée sur le matériau composite C/C.

Objet et résumé de l'invention

L'invention a pour objet de fournir un échangeur de chaleur capable d'être utilisé dans un environnement thermique sévère.

5 L'invention a aussi pour objet de fournir un échangeur de chaleur dans lequel la réalisation des différentes fonctions thermiques et structurales peut être optimisée pour réduire autant que possible la masse, l'encombrement et le coût.

L'invention a aussi pour objet de fournir un échangeur de chaleur susceptible d'être réalisé aisément.

10 L'invention a encore pour objet un procédé de fabrication d'un tel échangeur de chaleur.

Un échangeur de chaleur conforme à l'invention est caractérisé en ce qu'il comprend une partie intermédiaire en matériau composite réfractaire dans laquelle sont formés des canaux de circulation de fluide, 15 la partie intermédiaire étant intercalée entre une partie en matériau composite réfractaire formant écran thermique et une partie en matériau composite thermostuctural formant structure de maintien de l'échangeur, les parties constitutives de l'échangeur de chaleur étant assemblées par brasage.

20 Un matériau composite thermostuctural est un matériau composite qui présente des propriétés mécaniques le rendant apte à constituer des éléments de structure et qui conserve ces propriétés jusqu'à des températures élevées. Des matériaux composites thermostucturaux sont typiquement des matériaux composites ayant un 25 renfort fibreux en fibres réfractaires, telles que des fibres en carbone ou céramique, densifié par une matrice réfractaire, telle une matrice en carbone ou céramique. Des exemples de matériaux composites thermostucturaux sont les matériaux composites carbone/carbone (C/C) à fibres de renfort et matrice en carbone, et les matériaux composites à 30 matrice céramique (CMC), par exemple à matrice en carbure de silicium (SiC).

Avantageusement, le matériau composite thermostuctural formant la structure de maintien de l'échangeur est un matériau composite C/C. Il peut être sous forme d'un nid d'abeilles ou d'un matériau 35 composite dans lequel le renfort fibreux est formé de couches fibreuses superposées liées entre elles par des fibres s'étendant transversalement

par rapport aux couches, comme cela peut être obtenu par aiguilletage, tel que décrit par exemple dans le brevet US 4 790 052.

Avantageusement encore, le matériau de la partie intermédiaire est également un matériau composite C/C qui est alors utilisé plus pour ses qualités réfractaires que structurales.

Il est envisageable de réaliser la partie formant structure de maintien et la partie intermédiaire dans un même bloc de matériau composite C/C auquel la partie formant écran thermique est brasée.

Avantageusement encore, le matériau de la partie formant écran thermique est un matériau de type CMC, par exemple un matériau composite C/SiC ou SiC/SiC (renfort en fibres de carbone ou de carbure de silicium densifié par une matrice de carbure de silicium), plus aptes que les matériaux composites C/C à être exposés à un flux thermique intense notamment en atmosphère oxydante. Un avantage de l'échangeur de chaleur selon l'invention réside dans la possibilité de sélectionner les matériaux les plus adaptés pour assurer les fonctions thermiques et mécaniques de l'échangeur, donc d'optimiser la réalisation de celui-ci en termes de performances et d'encombrement.

Selon encore une autre particularité de l'échangeur de chaleur conforme à l'invention, les canaux de circulation de fluide sont formés, par exemple par usinage, dans une face de la pièce intermédiaire et sont délimités en partie par la paroi adjacente d'une des deux autres parties. La réalisation des canaux de circulation de fluide est donc particulièrement simple.

Si nécessaire, l'étanchéité des canaux peut être assurée par formation d'un revêtement sur leur paroi, par exemple un revêtement métallique en couche mince. Un tel revêtement pourra être formé sur la totalité des faces en regard des parties à assembler afin de faciliter le brasage en constituant aussi une couche d'accrochage pour la brasure.

Brève description des dessins

Il sera ci-après fait référence aux dessins annexés sur lesquels

- la figure 1 illustre en coupe un élément d'échangeur de chaleur selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 2 montre les étapes d'un procédé de réalisation de l'élément d'échangeur de chaleur de la figure 1 ;

- la figure 3 illustre de façon éclatée un élément de chambre de combustion de réacteur formant échangeur de chaleur selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ; et

- la figure 4 illustre très schématiquement une chambre de statoréacteur avec une vue de détail d'un élément de paroi de la chambre de combustion formant échangeur de chaleur selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

Description détaillée de modes de réalisation préférés

La figure 1 est une vue en coupe d'un bloc unitaire 10 constituant un élément d'échangeur de chaleur. Le bloc 10 peut constituer un élément de paroi d'une enceinte où règnent des conditions thermiques sévères, par exemple un élément de paroi d'une chambre de confinement de plasma dans un réacteur de fusion nucléaire.

Le bloc échangeur de chaleur 10 comprend un écran thermique 12 dont la face externe 12a est destinée à être exposée à un flux thermique, une partie intermédiaire 14 présentant des canaux 16 de circulation de fluide et une structure de maintien 18. La partie intermédiaire est intercalée entre l'écran thermique 12 et la structure de maintien 18 et est liée à ces derniers par brasage. Les canaux de circulation de fluide 16 sont usinés dans la face de la partie intermédiaire située du côté de l'écran thermique 12 et recouverte par la face interne 12b de l'écran thermique, laquelle face interne 12b délimite ainsi partiellement les canaux 16. Les canaux 16 sont destinés à être reliés à un circuit de circulation d'un fluide caloporteur.

L'écran thermique 12, exposé aux conditions thermiques les plus sévères, est en un matériau composite réfractaire, de préférence un matériau composite à matrice céramique (CMC), par exemple un matériau composite de type C/SiC, à renfort fibreux en fibres de carbone densifié par une matrice de carbure de silicium.

La partie intermédiaire est également un matériau composite réfractaire, par exemple un matériau composite C/C à renfort fibreux en fibres de carbone densifié par une matrice en carbone.

La structure de maintien est en un matériau composite thermo-structural et est réalisée pour assurer la fonction structurale du bloc 10. On utilisera par exemple une structure de maintien sous forme de structure en nid d'abeilles en matériau composite C/C. Un procédé de fabrication d'une telle structure est décrit dans le brevet US 5 415 715. On pourra aussi utiliser une structure de maintien sous forme d'un matériau composite C/C dans lequel le renfort fibreux est formé de couches planes de texture fibreuse liées entre elles par des fibres s'étendant transversalement par rapport aux couches. Les couches sont par exemple des couches de tissu, des nappes unidirectionnelles superposées avec des directions différentes, des couches de feutre..., et elles sont de préférence liées entre elles par aiguilletage. Un procédé de fabrication d'un tel matériau composite C/C est décrit dans le brevet US 4 790 052.

La figure 2 indique les étapes d'un procédé de fabrication du bloc 10 d'échangeur de chaleur.

L'écran thermique en matériau CMC, par exemple en matériau composite C/SiC, la partie intermédiaire en matériau composite C/C et la structure de maintien en matériau composite C/C sont réalisés séparément (étapes 20, 22, 24). Les procédés de fabrication de pièces en matériau composite de type C/C ou C/SiC par élaboration d'un renfort fibreux, ou préforme, et densification du renfort fibreux par une matrice sont bien connus. La densification peut être réalisée par infiltration chimique en phase vapeur, ou par imprégnation par un précurseur de la matrice à l'état liquide et transformation du précurseur par traitement thermique.

Les canaux 16 sont usinés dans une face de la partie intermédiaire 14 (étape 26).

Ensuite, un revêtement métallique peut être formé sur l'intégralité des faces en regard de la partie intermédiaire, de l'écran thermique et de la truster de maintien (étape 28). Le revêtement métallique est choisi pour améliorer la mouillabilité vis-à-vis de la brasure utilisée ensuite pour l'assemblage des différentes parties et donc favoriser l'accrochage de la brasure. Le revêtement métallique assure en outre l'étanchéité des parois des canaux de circulation de fluide. En effet, les matériaux composites C/C ou des matériaux CMC obtenus comme

indiqué ci-avant présentent inévitablement une porosité résiduelle qu'il convient d'obturer en surface pour assurer l'étanchéité des canaux.

Le revêtement métallique, par exemple en titane, chrome, zirconium, hafnium ou béryllium peut être déposé par dépôt chimique en phase vapeur ou par projection sous vide.

Dans le cas où un revêtement métallique d'accrochage de la brasure n'est pas nécessaire, il convient néanmoins d'assurer l'étanchéité des parois des canaux 16. Cette étanchéité est alors assurée par dépôt d'une couche d'étanchéité, au moins sur les portions usinées de la partie intermédiaire et sur les portions de la face adjacente de l'écran thermique situées en regard. La couche d'étanchéité est déposée par dépôt chimique en phase vapeur. Elle est métallique ou non métallique, par exemple en carbone ou céramique.

Le brasage (étape 29) est réalisé en déposant une couche de brasure sur les faces à assembler de la partie intermédiaire de l'écran thermique et de la structure de maintien et en portant l'ensemble, maintenu dans un outillage, à la température de brasage voulue compte tenu de la brasure utilisée. La brasure utilisée est choisie parmi celles connues pour le brasage de céramiques ou composites réfractaires entre eux ou sur des métaux, par exemple les brasures commercialisées sous les dénominations "TiCuSiI" ou "Cu-ABA" par la société des Etats-Unis d'Amérique Wesgo, Inc. On pourra se référer à la demande de brevet WO 98/03 297 déjà citée, ainsi qu'à un article de A.G. Foley et D.J. Andrews "Active metal brazing for joining ceramics to metals" GEC ALSTHOM TECHNICAL REVIEW, n° 13, février 1994, France, p. 49-64.

La figure 3 illustre de façon éclatée un autre mode de réalisation d'un échangeur de chaleur selon l'invention constituant un élément 30 de chambre de combustion de réacteur. L'écran thermique 32 est une pièce annulaire axisymétrique comportant une partie avant cylindrique prolongée vers l'arrière par une partie tronconique. L'écran thermique 32 est réalisé en une seule pièce de matériau composite CMC, par exemple en matériau composite C/SiC. Le renfort fibreux du matériau composite est réalisé par enroulement d'une texture fibreuse sur un mandrin de forme adaptée, et la préforme obtenue est densifiée par la matrice du matériau composite.

Les canaux 36 de circulation de fluide sont formés en direction axiale par usinage de la face d'une partie intermédiaire 34 située en regard de l'écran thermique 32. La partie intermédiaire 34 est en matériau composite C/C. Le fluide caloporteur est un combustible qui est réchauffé par passage dans l'échangeur de chaleur avant d'être injecté dans la chambre de combustion. Des orifices d'admission et de sortie 33a, 33b du fluide sont formés à travers l'écran thermique 32, au voisinage de ses extrémités axiales, et au niveau de rainures, telles que 37, usinées circonférentiellement à l'avant et à l'arrière de la partie intermédiaire pour distribuer le fluide dans les canaux 36, à une extrémité, et le collecter, à l'autre extrémité des canaux.

La partie intermédiaire 34 est solidaire d'une structure de maintien 38 sous forme de structure annulaire en matériau composite C/C. Elle est formée par enroulement d'une texture fibreuse en couches superposées sur un mandrin et liaison des couches entre elles par des fibres s'étendant transversalement par rapport aux couches, par exemple par aiguilletage, la préforme annulaire obtenue étant densifiée par une matrice carbone. Un mode de réalisation de préformes annulaires aiguilletées pour constituer des renforts de pièces structurales en matériau composite C/C est décrit dans le brevet US 4 790 052 déjà cité.

La structure de maintien 38 et la partie intermédiaire peuvent être réalisées en deux parties assemblées par brasage ou, comme dans l'exemple illustré, en une seule partie.

L'écran thermique 32 est brasé sur la face de la partie intermédiaire présentant les canaux 36 et rainures 37.

Le brasage est réalisé comme décrit ci-dessus en référence aux figures 1 et 2, éventuellement après formation de revêtement métallique d'accrochage de la brasure, au moins après formation d'un revêtement d'étanchéité sur les parois des canaux 36 et rainures 37.

La figure 4 illustre très schématiquement une structure de statoréacteur dont la paroi 40 constitue un échangeur de chaleur conforme à l'invention.

La paroi 40 a une structure analogue à celle du bloc 10 de la figure 1 et est fabriquée de façon semblable. L'écran thermique 42 situé du côté interne de la paroi est réalisé en matériau CMC, par exemple en C/SiC. Il est brasé sur une partie intermédiaire 44 dans une face de

laquelle sont usinés des canaux 46, la face de la partie intermédiaire 44 présentant les canaux étant recouverte par l'écran thermique 42. Les canaux 46 sont parcourus par un fluide constituant un combustible injecté dans la chambre de combustion après avoir été réchauffé par passage
5 dans la paroi 40.

La partie intermédiaire 44 est en matériau composite C/C et est brasée sur une structure de maintien 48 également en matériau composite C/C. La structure de maintien est avantageusement en forme de nid d'abeilles afin d'alléger au maximum l'ensemble.

10 Le brasage, la formation éventuelle d'un revêtement métallique d'accrochage sur les faces à braser, et la formation d'un revêtement d'étanchéité sur les parois des canaux de circulation de fluide sont réalisés comme décrit en référence aux figures 1 et 2.

15 Dans ce qui précède, on a envisagé la formation de canaux de circulation de fluide dans la face de la partie intermédiaire située du côté de l'écran thermique. Il s'agit là d'une disposition préférée. La formation des canaux dans la face de la partie intermédiaire située du côté de la structure de maintien n'est toutefois pas exclue.

REVENDICATIONS

1. Echangeur de chaleur en matériau composite, caractérisé en ce qu'il comprend une partie intermédiaire (14 ; 34 ; 44) en matériau composite réfractaire dans laquelle sont formés des canaux de circulation de fluide (16 ; 36 ; 46), la partie intermédiaire étant intercalée entre une partie en matériau composite réfractaire formant écran thermique (12 ; 32 ; 42) et une partie en matériau composite thermostuctural formant structure de maintien de l'échangeur (18 ; 38 ; 48), les parties constitutives de l'échangeur de chaleur étant assemblées par brasage.

2. Echangeur de chaleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie intermédiaire (14 ; 34 ; 44) est en matériau composite C/C.

3. Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la partie formant écran thermique (12 ; 32 ; 42) est en matériau composite à matrice céramique.

4. Echangeur de chaleur selon la revendication 3, caractérisé en ce que la partie formant écran thermique (12 ; 32 ; 42) est en matériau composite C/SiC.

5. Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la partie formant structure de maintien (18 ; 38 ; 48) est en matériau composite C/C.

6. Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les canaux de circulation de fluide (16 ; 36 ; 46) sont formés dans une face de la partie intermédiaire (14 ; 34 ; 44) et sont délimités en partie par la paroi adjacente d'une des deux autres parties.

7. Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les canaux de circulation de fluide (16 ; 36 ; 46) sont munis d'un revêtement étanche.

8. Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la partie formant structure de maintien est en nid d'abeilles.

9. Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la partie formant structure de maintien (18 ; 38 ; 48) est en un matériau composite comprenant un

renfort fibreux ayant plusieurs couches fibreuses superposées liées entre elles par des fibres s'étendant transversalement par rapport aux couches.

10. Elément (30 ; 40) de paroi de chambre de combustion de stator réacteur, caractérisé en ce qu'il incorpore un échangeur de chaleur
5 selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.

11. Procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur en matériau composite, caractérisé en ce qu'il comprend

- la réalisation d'une partie intermédiaire en matériau composite réfractaire munie de canaux de circulation de fluide,
- 10 - la réalisation d'une partie d'écran thermique en matériau composite réfractaire,
- la réalisation d'une partie de structure en matériau composite thermostuctural, et
- l'assemblage des différentes parties par brasage en
15 interposant la partie intermédiaire entre la partie d'écran thermique et la partie de structure.

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que les canaux de circulation de fluide sont formés par usinage dans une face de la partie intermédiaire.

20 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 et 12, caractérisé en ce que l'on réalise la partie intermédiaire en matériau composite C/C.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 et 13, caractérisé en ce que l'on forme un revêtement étanche sur les parois
25 des canaux de circulation de fluide.

15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que le revêtement étanche est formé par dépôt d'une couche métallique.

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 15, caractérisé en ce que l'on réalise la partie d'écran thermique en
30 matériau composite à matrice céramique.

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 16, caractérisé en ce que l'on réalise la partie de structure en matériau composite C/C.

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 17, caractérisé en ce que l'on réalise une partie de structure en nid
35 d'abeilles.

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 17, caractérisé en ce que l'on réalise la partie de structure en un matériau composite ayant un renfort fibreux densifié par une matrice, et en ce que le renfort fibreux est réalisé par superposition et aiguilletage de plusieurs couches fibreuses.

20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 19, caractérisé en ce que l'on forme une couche métallique d'accrochage de brasure sur les faces en regard des parties à assembler par brasage.

21. Procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce que les canaux de circulation de fluide sont formés par usinage dans une face de la partie intermédiaire qui est recouverte par une face adjacente d'une autre partie, et la couche métallique est formée sur la face de la partie intermédiaire, après usinage des canaux, et sur la face adjacente, de sorte que la couche métallique constitue également un revêtement étanche des parois des canaux de circulation de fluide.

1/2

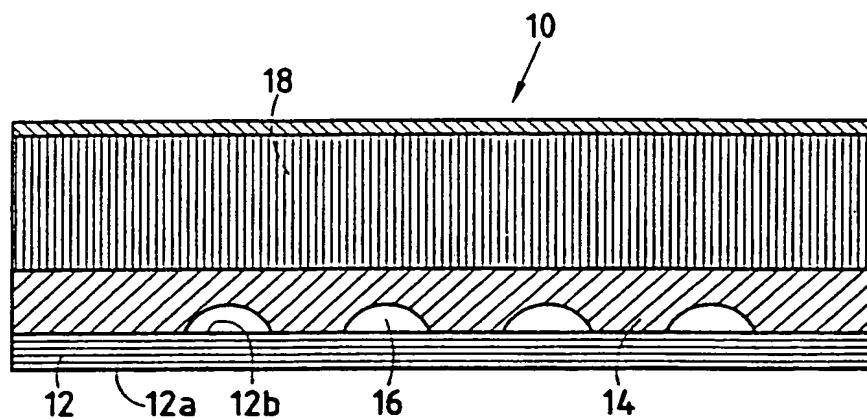


FIG.1

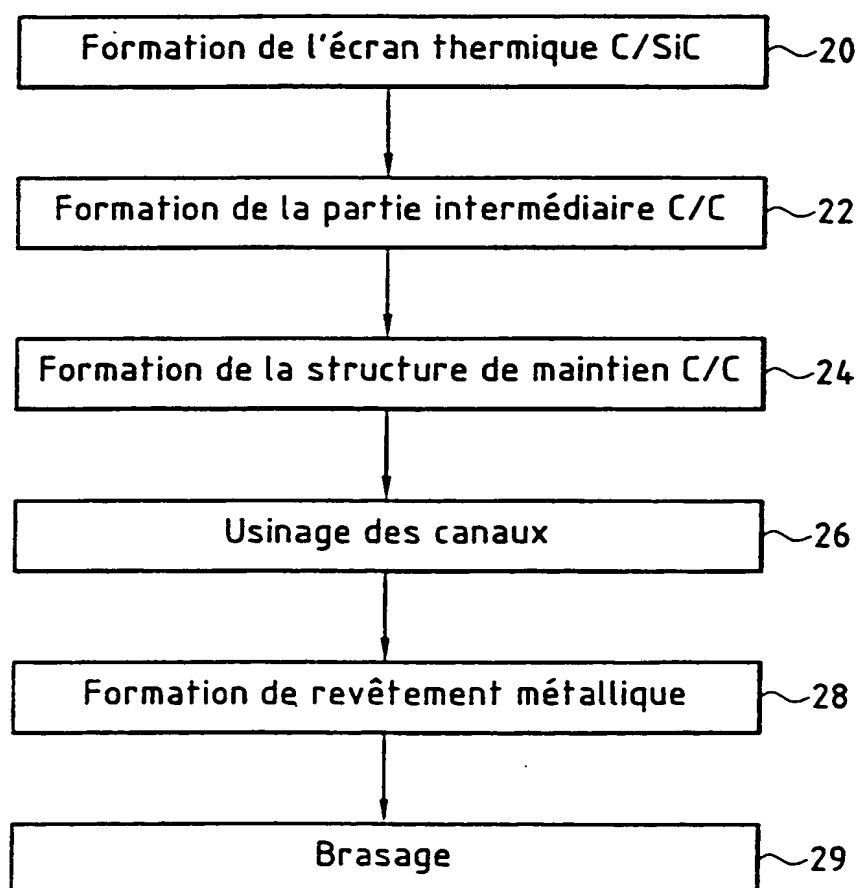


FIG.2

2/2

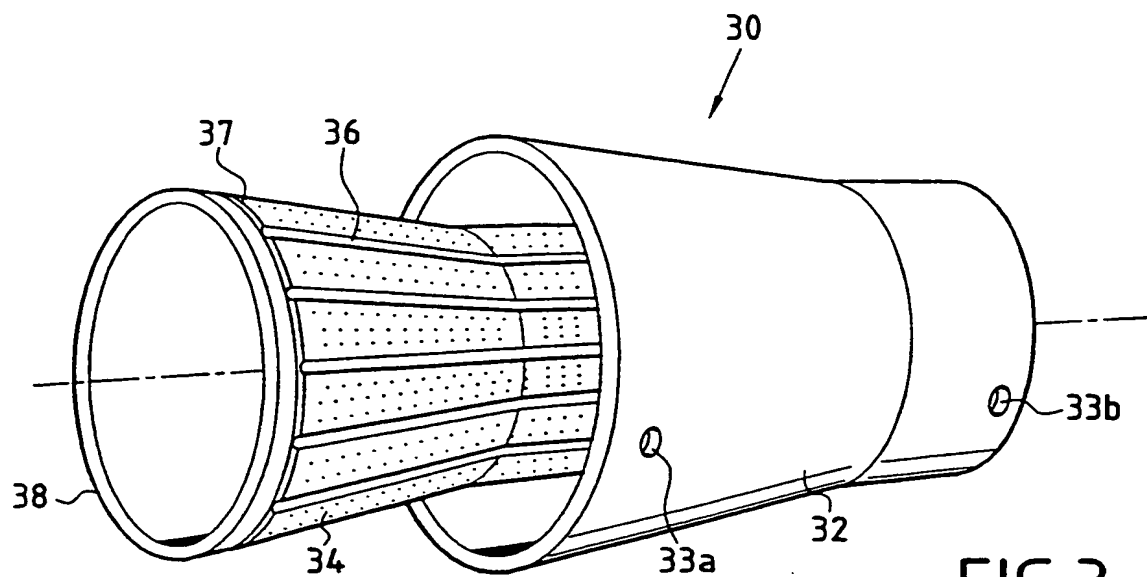


FIG. 3

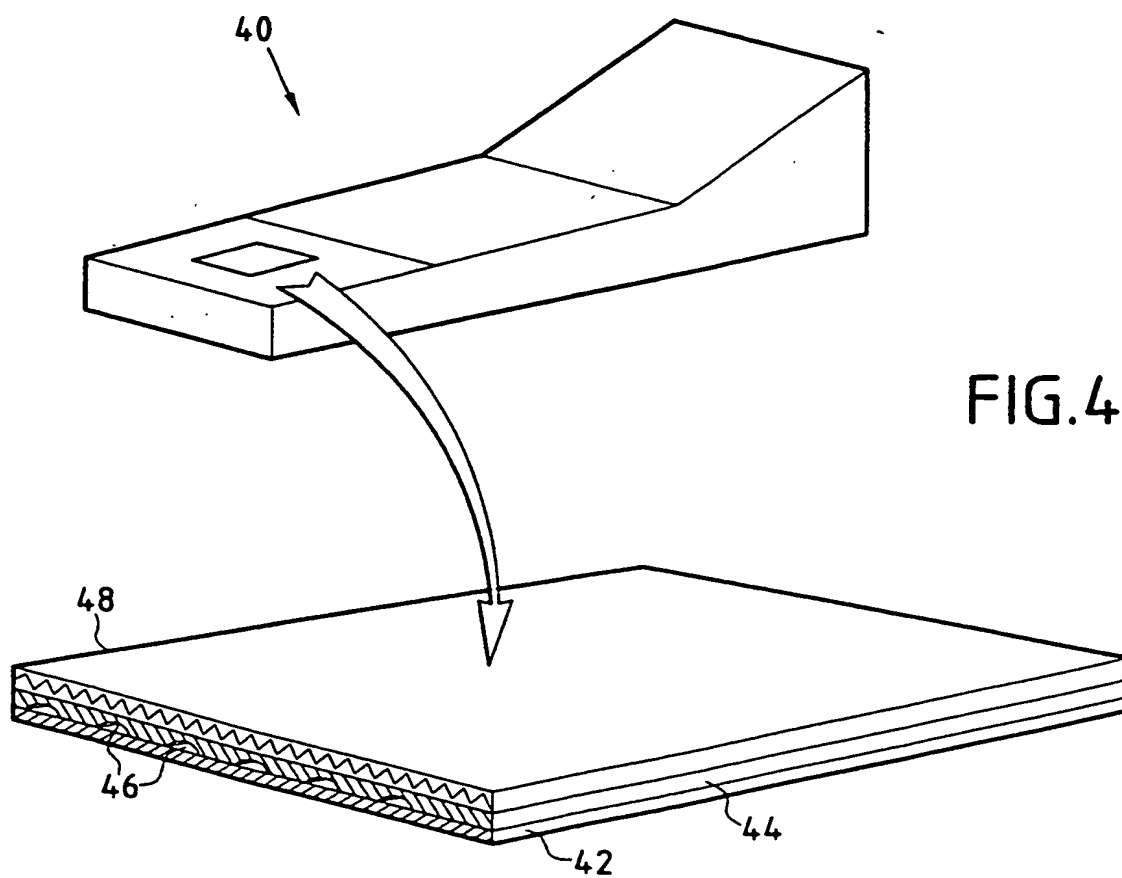


FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 99/02708

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F02K1/82 F23R3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02K F23R F28F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 174 368 A (BOURY DIDIER P ET AL) 29 December 1992 (1992-12-29) claims; figures ----	1-21
A	US 5 583 895 A (FILIPUZZI LUDOVIC ET AL) 10 December 1996 (1996-12-10) cited in the application claims; figures ----	1-21
A	GB 2 279 734 A (MOTOREN TURBINEN UNION) 11 January 1995 (1995-01-11) claims 1,7,14,20; figures ----	1-21
A	US 5 352 529 A (SCANLON JOHN F ET AL) 4 October 1994 (1994-10-04) claims 7,10,13; figures ----	1-21
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 February 2000

Date of mailing of the international search report

17/02/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mootz, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 99/02708

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 838 031 A (CRAMER PAUL S) 13 June 1989 (1989-06-13) claims 1-3; figures ---	1-21
A	US 4 488 920 A (DANIS LOUIS J) 18 December 1984 (1984-12-18) claims 1-6; figures ---	1-21
A	EP 0 314 261 A (AVCO CORP) 3 May 1989 (1989-05-03) column 2, line 42 - line 51 column 4, line 13 - line 24; figures -----	1,8,11, 18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/02708

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5174368	A	29-12-1992	FR 2664585 A	17-01-1992
			CA 2046560 A	14-01-1992
			DE 69113340 D	02-11-1995
			DE 69113340 T	15-05-1996
			EP 0466603 A	15-01-1992
US 5583895	A	10-12-1996	FR 2685655 A	02-07-1993
			CA 2127245 A	08-07-1993
			DE 69218257 D	17-04-1997
			DE 69218257 T	19-06-1997
			EP 0628235 A	14-12-1994
			ES 2099442 T	16-05-1997
			WO 9313636 A	08-07-1993
			JP 7502597 T	16-03-1995
			US 5604776 A	18-02-1997
			US 5778033 A	07-07-1998
GB 2279734	A	11-01-1995	DE 4322431 A	12-01-1995
			FR 2707381 A	13-01-1995
US 5352529	A	04-10-1994	NONE	
US 4838031	A	13-06-1989	NONE	
US 4488920	A	18-12-1984	NONE	
EP 0314261	A	03-05-1989	US 4832999 A	23-05-1989
			CA 1291112 A	22-10-1991
			DE 3872162 A	23-07-1992
			JP 1130939 A	23-05-1989

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 99/02708

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 F02K1/82 F23R3/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 F02K F23R F28F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 174 368 A (BOURY DIDIER P ET AL) 29 décembre 1992 (1992-12-29) revendications; figures	1-21
A	US 5 583 895 A (FILIPUZZI LUDOVIC ET AL) 10 décembre 1996 (1996-12-10) cité dans la demande revendications; figures	1-21
A	GB 2 279 734 A (MOTOREN TURBINEN UNION) 11 janvier 1995 (1995-01-11) revendications 1,7,14,20; figures	1-21
A	US 5 352 529 A (SCANLON JOHN F ET AL) 4 octobre 1994 (1994-10-04) revendications 7,10,13; figures	1-21
	--- -/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

9 février 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

17/02/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Mootz, F

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 99/02708

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 838 031 A (CRAMER PAUL S) 13 juin 1989 (1989-06-13) revendications 1-3; figures ---	1-21
A	US 4 488 920 A (DANIS LOUIS J) 18 décembre 1984 (1984-12-18) revendications 1-6; figures ---	1-21
A	EP 0 314 261 A (AVCO CORP) 3 mai 1989 (1989-05-03) colonne 2, ligne 42 - ligne 51 colonne 4, ligne 13 - ligne 24; figures -----	1, 8, 11, 18

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 99/02708

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5174368 A	29-12-1992	FR 2664585 A	17-01-1992
		CA 2046560 A	14-01-1992
		DE 69113340 D	02-11-1995
		DE 69113340 T	15-05-1996
		EP 0466603 A	15-01-1992
US 5583895 A	10-12-1996	FR 2685655 A	02-07-1993
		CA 2127245 A	08-07-1993
		DE 69218257 D	17-04-1997
		DE 69218257 T	19-06-1997
		EP 0628235 A	14-12-1994
		ES 2099442 T	16-05-1997
		WO 9313636 A	08-07-1993
		JP 7502597 T	16-03-1995
		US 5604776 A	18-02-1997
		US 5778033 A	07-07-1998
GB 2279734 A	11-01-1995	DE 4322431 A	12-01-1995
		FR 2707381 A	13-01-1995
US 5352529 A	04-10-1994	AUCUN	
US 4838031 A	13-06-1989	AUCUN	
US 4488920 A	18-12-1984	AUCUN	
EP 0314261 A	03-05-1989	US 4832999 A	23-05-1989
		CA 1291112 A	22-10-1991
		DE 3872162 A	23-07-1992
		JP 1130939 A	23-05-1989

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.